



Estrategias Basadas En Neuroeducación Para Mejorar El Aprendizaje Matemático En Estudiantes De Primero De Bachillerato.

Neuroeducation-Based Strategies to Improve Mathematical Learning in First Year High School Students.

López Bayetero Michael Stalin^{1*}, Itzel Ayleen Guasgua Itas², Karen Mishel Bastidas Erazo³,

¹ Universidad técnica del norte. Ecuador. mslopezb@utn.edu.ec

² Universidad técnica del norte. Ecuador. itzelayleen11@hotmail.com

³ Universidad técnica del norte. Ecuador. kmbastidase@utn.edu.ec

Resumen.

Aprender matemáticas en bachillerato resulta especialmente difícil, según lo muestran resultados bajos, falta de interés y problemas continuos al entender ideas complejas. Desde otra perspectiva, la neuroeducación une conocimientos del cerebro, cómo pensamos y métodos escolares, proponiendo formas nuevas de enseñar que se ajustan a cómo funciona la mente. Este estudio buscó observar qué sucede cuando se aplica un conjunto de técnicas inspiradas en esa disciplina durante las clases de matemáticas en primer año de bachillerato. Su estructura siguió un modelo casi experimental, con evaluaciones antes y después, además de incluir un curso sin cambios. En total tomaron parte 72 jóvenes colegio universitario UTN en la ciudad de Ibarra, divididos equitativamente: una mitad recibió las intervenciones, la otra no. Diez encuentros de tres cuartos de hora con tácticas neurodidácticas integraron el plan para los participantes del grupo experimental: aquí se ejercitó la atención prolongada, intervenciones por múltiples sentidos, manejo emocional, repeticiones escalonadas y evocación constante. En cambio, quienes estaban en el grupo de referencia siguieron métodos convencionales al impartir contenidos matemáticos. Un instrumento sobre técnicas de estudio y motivación - con consistencia interna de 0.85 - junto a una evaluación específica de logro numérico (fiabilidad KR-20 igual a 0.83) fueron administrados tras la intervención. Hubo avances claros entre quienes experimentaron las nuevas herramientas: sus datos indican mejoría sólida tanto en dominio conceptual como en calificaciones reales dentro de la asignatura, tal como lo evidencian estadísticas t de 7.234 y 6.891, ambas bajo umbral crítico de p menor a 0.001. La magnitud del impacto resultó considerable según coeficientes d de Cohen: 0.88 en conocimientos adquiridos, 0.82 en desempeño observable. A partir de estos hallazgos surge una observación clara: incluir principios derivados de la neurociencia educativa puede transformar positivamente cómo estudiantes entienden y resuelven problemas matemáticos. Introducir formación docente centrada en este tipo de base científica pare-

ce coherente con los resultados obtenidos.

Palabras clave: Neuroeducación, aprendizaje matemático, estrategias didácticas, rendimiento académico, bachillerato.

Abstract

Mathematics learning at the high school level constitutes one of the greatest challenges of the educational system, evidenced by low performance, student demotivation, and persistent difficulties in understanding abstract concepts. Neuroeducation, as an interdisciplinary field that integrates contributions from neurosciences, cognitive psychology, and education, offers an innovative framework for designing didactic strategies based on brain functioning that can enhance mathematical learning. The objective of this research was to evaluate the effect of a program of strategies based on neuroeducation on mathematical learning and academic performance in first-year high school students. A quasi-experimental design with pretest-posttest and control group was employed. Seventy-two students participated, distributed in an experimental group ($n=36$) and a control group ($n=36$). The experimental group received 10 sessions of 45 minutes with neurodidactic strategies (sustained attention activation, multisensory strategies, emotional regulation, distributed practice, and active retrieval), while the control group maintained traditional mathematics teaching methodologies. A learning strategies and motivation questionnaire ($\alpha=0.85$) and an ad hoc mathematics performance test ($KR-20=0.83$) were applied. The results showed that the experimental group significantly increased their mathematical learning ($t=7.234$; $p<0.001$) and their academic performance in mathematics ($t=6.891$; $p<0.001$) compared to the control group. The effect size was large for both variables ($d=0.88$ and $d=0.82$ respectively). It is concluded that strategies based on neuroeducation are effective in improving learning and performance in mathematics, recommending their systematic incorporation into teaching practices and teacher training in neurodidactic foundations.

Keywords: Neuroeducation, mathematical learning, didactic strategies, academic performance, high school.

1. Introducción

Aprender matemáticas en bachillerato resulta complicado dentro del sistema educativo actual, con resultados bajos, falta de motivación y problemas para entender ideas complejas. Desde hace mucho tiempo, esta asignatura genera obstáculos frecuentes en clase; no solo aleja a varios estudiantes, también les provoca tensión mental o malestar emocional [2]. En lugar de avances profundos, las formas clásicas de enseñar - basadas en repetir pasos y retener ecuaciones - logran poco impacto duradero, sobre todo ante diferencias individuales en cómo cada persona capta lo nuevo [3][5]. Muchos jóvenes muestran rechazo creciente hacia las clases de matemáticas, un fenómeno ligado a aspectos mentales, afectivos y didácticos que merecen intervención urgente [2]. Frente a ello surge una alternativa clara: convertir el estudio numérico en actividades prácticas, cercanas y placenteras puede ayudar a reconectar al alumno con la materia [2].

Desde el estudio del cerebro surge una aproximación distinta a la enseñanza, mezclando hallazgos de la neurociencia, la psicología y la pedagogía para entender lo que ocurre dentro del cráneo durante el aprendizaje [4]. Gracias a este puente entre disciplinas, ahora se sabe más sobre cómo piensa, retiene o interpreta información quien está estudiando, aprovechando datos de distintas áreas del saber humano [2]. Aunque antes se creía que el cerebro era fijo, actualmente hay evidencia clara de su capacidad para cambiar estructuralmente según lo que vivimos, incluidas las actividades escolares [3]. Resolver operaciones matemáticas, por ejemplo, no solo depende de reglas memorizadas; también activa circuitos neurales adaptables, sensibles a métodos bien pensados. Investigaciones recientes indican que comprender estos mecanismos internos transformará progresivamente cómo abordamos desafíos cognitivos diversos [3]. Al considerar juntas la función cerebral, el estado emocional y las técnicas usadas en clase, surgen formas mejores de apoyar el logro en asignaturas complejas como las matemáticas [1][4].

Desde los primeros años, el cerebro humano muestra signos de razonamiento cuantitativo sin necesidad de instrucción previa. Gracias a estudios en neurociencia, hoy se sabe que ciertas aptitudes para los números están presentes al nacer. Lejos de comenzar vacío, el sistema cerebral infantil distingue variaciones en grupos de objetos casi desde el inicio de la vida. Este dominio inicial evoluciona cuando se le ofrece entornos educativos adecuados durante la etapa escolar temprana. Aunque limitado, este instinto numérico sirve como base sobre la cual



crecen competencias más estructuradas. Con apoyo pedagógico bien orientado, muchas barreras en matemáticas pueden transformarse en oportunidades de avance. Aunque muchos lo ignoran, el cerebro cambia sin pausa gracias a su alta plasticidad. Experiencias de aprendizaje bien diseñadas mejoran su rendimiento con el tiempo. En personas con dificultades para entender números, como ocurre en la discalculia, los procesos mentales involucrados necesitan apoyos precisos desde edades tempranas. Estas ayudas deben surgir de comprender cómo trabaja esta parte del cuerpo al procesar ideas abstractas. Lo que antes parecía fijo ahora se sabe que puede adaptarse bajo ciertas condiciones. Por eso resulta clave actuar pronto cuando hay signos claros de retraso específico en cálculo o razonamiento numérico.

En vez de centrarse solo en fórmulas, algunas prácticas para enseñar matemáticas usan ideas tomadas del estudio del cerebro. Por ejemplo, dividir el repaso en sesiones cortas, hacer preguntas sin mirar las respuestas o incluir estímulos visuales y táctiles ayuda a mejorar cómo el alumno mantiene la concentración y retiene información [3]. A través del contacto físico con materiales, los estudiantes exploran cantidades y formas por sí mismos, lo cual impulsa su razonamiento desde lo visible hacia lo simbólico [2]. Sorprenderlos con actividades inesperadas o introducir dinámicas lúdicas también influye: eso capta su foco, además estimula sustancias en el cerebro relacionadas con el interés prolongado [2]. Cuando hay tensión ante los números, el ambiente puede marcar la diferencia; espacios donde se sientan tranquilos favorecen mejores resultados frente al temor [1].

Cada vez más estudios respaldan el impacto positivo de la neuroeducación en el aprendizaje de las matemáticas, con resultados alineados entre distintos países. A pesar de diferencias culturales, hallazgos coinciden: métodos inspirados en la neurociencia fortalecen el desempeño numérico y disminuyen obstáculos escolares comunes [1][2]. Desde hace unos años, se observa un avance claro; intervenciones neuropsicológicas en clases promueven cambios profundos en la formación académica, no solo por optimizar recursos mentales, sino porque ayudan a descifrar patrones cerebrales activos mientras se aprende [2]. En América Latina y específicamente en Ecuador, hay mayor interés científico hacia esta intersección, sin embargo, sigue habiendo brechas frente al volumen global de investigaciones disponibles [1][4]. Estudios en Ecuador muestran cómo la neurodidáctica mejora las capacidades mentales y afectivas; por eso, su integración creciente en clases de matemáticas podría profundizar el aprendizaje y elevar los resultados académicos [1][5]. Aunque parezca poco común, al transformar la experiencia matemática en algo más placentero, la neuroeducación también facilita una recepción más fluida del contenido, abriendo caminos hacia exploraciones novedosas: usar juegos educativos o diseñar situaciones donde resolver desafíos cotidianos active el pensamiento lógico [1].

Con base en lo anterior, surge esta pregunta central: ¿qué impacto tiene aplicar un programa con estrategias de neuroeducación - como activación de la atención prolongada, estímulos multisensoriales, manejo emocional, repaso espaciado y evocación constante - en el dominio de las matemáticas y en el desempeño escolar de jóvenes del primer año de bachillerato? Aunque hay respaldo global sobre cómo la neuroeducación favorece el proceso de aprender, apenas unas pocas experiencias han explorado este enfoque con estudiantes mayores usando diseños cercanos al experimental que observen juntos el progreso matemático y los resultados académicos. En muchos casos, lo publicado gira entorno a marcos conceptuales o programas dirigidos a edades tempranas, dejando fuera mediciones precisas durante la adolescencia. Por ese motivo, el propósito principal aquí es analizar el resultado de dicho programa en alumnos de Primer Grado de Bachillerato del colegio universitario UTN en la ciudad de Ibarra, empleando pruebas antes y después de la intervención. Las suposiciones guía son estas: primero, que quienes reciban las herramientas neuropsicológicas mostrarán mayor avance en contenidos matemáticos frente al grupo sin intervención; segundo, que su calificación promedio mejorará más que la del resto; tercero, que el cambio observable oscilará entre moderado y alto.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Neuroeducación

No es solo cuestión de métodos, la neuroeducación surge al cruzar descubrimientos de la neurociencia con ideas de la psicología y la enseñanza escolar [6]. Desde ese cruce nace un camino distinto: entender qué hace el cerebro cuando alguien aprende algo nuevo. En ello participan funciones como prestar atención o recordar datos, también leer, escribir, sentir miedo o motivarse antes de empezar [2]. Gracias a este enfoque, quienes enseñan pueden usar técnicas más ajustadas al modo real en que el cerebro capta e integra información. Detrás está el es-

tudio detallado de áreas cerebrales vinculadas al pensamiento, al control emocional, a mantener el foco por tiempo prolongado [6]. Lo observado hasta ahora indica que comprender cómo aprendemos transformará no solo las aulas, sino también formas de resolver desafíos cotidianos. Esa evolución afecta aspectos mentales, conductuales, incluso cambios físicos ligados al desarrollo humano [3].

El cerebro cambia sin parar, porque posee una plasticidad notable; por eso las experiencias educativas bien diseñadas logran mejorar su desempeño [3]. Gracias al estudio del sistema nervioso, hoy sabemos que aprender matemáticas requiere redes neuronales concretas, las cuales responden favorablemente a métodos pedagógicos pensados estratégicamente [3]. A menudo, lo imprevisto capta el enfoque mental; así ocurre cuando surge la sorpresa, mientras que jugar estimula la dopamina en áreas relacionadas con la motivación, favoreciendo una mayor conexión con la tarea escolar [2]. No se trata únicamente de subir calificaciones: esta disciplina también cuida la salud afectiva, proponiendo formas de construir espacios de clase acogedores, donde sentirse tranquilo impulsa un aprendizaje más profundo y cercano [5].

El cerebro cambia durante toda la vida, ajustándose a estímulos externos gracias a su flexibilidad interna [7]. Gracias a esta cualidad, puede recomponerse tras lesiones, generar nuevas rutas de señalización o mejorar funciones ya existentes [7]. Lo más destacado es cómo las sinapsis se vuelven más eficaces con el uso constante: aprender algo nuevo hace que las neuronas comunicarse mejor entre sí, optimizando así el paso de impulsos [7]. Hay varios modos en que este fenómeno aparece: uno implica modificaciones físicas en las uniones neuronales producto del entrenamiento mental o sensorial [7]. Otro tipo responde a desplazamientos de actividad desde áreas dañadas hacia otras intactas, redistribuyendo tareas afectadas [7]. También hay transformaciones invisibles al microscopio convencional: cambios químicos sutiles regulan qué conexiones prevalecen según su frecuencia de activación [7]. Además surge nueva población neuronal en zonas clave, principalmente en regiones vinculadas a la memoria y planificación, ayudando a mantener agilidad cognitiva incluso en etapas tardías [7]. En etapas tempranas del crecimiento neuronal, la capacidad de adaptación del cerebro resulta especialmente notable. Aun así, esta característica no desaparece con el tiempo, ya que ciertos entornos estimulantes logran mantenerla activa. Un ejemplo claro ocurre cuando las actividades cognitivas afectan positivamente incluso a quienes enfrentan deterioro neurológico. Lejos de agotarse al envejecer, dicha flexibilidad responde a lo que vivimos día tras día. Así, cada aprendizaje nuevo deja huella visible dentro del tejido nervioso, sin importar la fase vital en la que ocurra.

2.2 Aprendizaje matemático

Desde la mirada de la neurociencia cognitiva, entender las matemáticas requiere reconocerlo como un trayecto cerebral amplio, donde distintas zonas colaboran mediante conexiones dinámicas entre sí [1][4]. Aunque muchos piensan que hay solo una parte encargada del razonamiento exacto, evidencias muestran participación conjunta de áreas como el sector parietal interno, el repliegue temporal, estructuras frontales y la región fusiforme [1][4]. Estudios actuales exploran cómo el dominio inicial de números impacta formas efectivas de intervenir frente a obstáculos comunes durante su adquisición escolar [3]. Lejos de arrancar sin herramientas, los seres humanos llegan al mundo equipados con una intuición básica para detectar diferencias en cantidad, observable incluso en etapas tempranas de vida [3]. Dicha capacidad instintiva sirve como punto de partida silencioso pero clave para todo cálculo avanzado que emerge después.

En el cerebro, distintas áreas colaboran al resolver tareas matemáticas. Resolver operaciones básicas requiere interpretar magnitudes, usar signos numéricos además de seguir pasos precisos [1]. Dominar estas destrezas implica apoyarse en capacidades mentales clave: retener datos brevemente, recuperar conocimientos almacenados o planificar acciones [4]. Para desempeñarse bien en matemática, varias zonas neurales deben coordinarse, integrando percepción de números junto con métodos para superar dificultades [4]. Aprender estos contenidos activa circuitos especializados, los cuales ganan fuerza si se emplean técnicas pedagógicas adecuadas [3]. Jugar con materiales físicos ayuda a afinar el sentido natural del número, haciendo posible que quienes aprenden exploren el mundo cercano mientras tocan y reordenan piezas que transforman ideas simples en razonamientos más complejos [2]. Aprender operaciones nace de una percepción espontánea, moldeable desde los primeros años escolares mediante procesos graduales que valoran cómo cada persona construye su propio entendimiento matemático [3].

En la adolescencia, el pensamiento matemático empieza a moverse hacia estructuras más abstractas. Aunque muchos cambios ocurren en silencio, uno clave es la poda sináptica: conexiones poco usadas desaparecen mientras otras se fortalecen. Gracias a este proceso, junto con la mielinización, las señales neuronales viajan con mayor rapidez, sobre todo en la corteza prefrontal. Esta área del cerebro madura justo cuando surge la necesidad de planificar o resolver tareas complejas. Lejos de ser solo un salto cognitivo, el avance incluye manejar ideas que no tienen forma física, como variables o relaciones lógicas. Debido a ello, los jóvenes comienzan a aplicar estrategias paso a paso ante problemas matemáticos difíciles. Sin embargo, detrás de cada intento hay algo invisible influyendo: estados internos como la motivación o el miedo al error. La ansiedad frente a las matemáticas, por ejemplo, suele arrastrarse desde experiencias anteriores dolorosas o humillantes. Por mucho que cambie el razo-

namiento, si esa carga emocional persiste, el aprendizaje puede bloquearse. Durante la adolescencia, la manera en que un joven se ve a sí mismo frente a las matemáticas - capaz o incapaz - cambia mucho. Esta visión personal influye luego en qué estudios elige seguir. Así pues, trabajar solo lo mental no alcanza; hay que atender también sus miedos y deseos al aprender. Un entorno escolar tranquilo puede ayudarlo a sentirse más seguro. La tensión ante esta materia baja cuando el ambiente lo permite. Las estrategias docentes por tanto incluyen estos factores menos técnicos. Aunque parezca secundario, cómo se siente importa tanto como saber resolver.

2.3 Estrategias neurodidácticas en matemáticas

Desde la conexión entre descubrimientos neurológicos y clases habituales surge una forma distinta de abordar las matemáticas: las técnicas neurodidácticas [6][9]. Esto no solo traduce datos científicos, sino que transforma cómo se construye el conocimiento en el aula. Cuando el cerebro aprende, cambia; sus conexiones se reorganizan por medio de la neuroplasticidad, fenómeno clave aquí [6]. Lejos de ser procesos fríos, estos cambios van entrelazados con emociones profundas y niveles internos de impulso personal. En este contexto, enseñar exige más que rutinas bien ensayadas; demanda entender causas ocultas detrás del rendimiento escolar. Por eso, saber cómo funciona la mente durante el estudio ayuda a elegir recursos más adecuados [9]. Los maestros necesitan esta base, no como teoría lejana, sino como guía tangible para decisiones diarias. Dentro de este enfoque surgen varias líneas de actuación claras cuando hablamos de números y razonamiento lógico. Cada una responde a mecanismos específicos del pensamiento humano observados desde la biología cerebral.

Comprender cómo funciona la atención ayuda a mejorar el aprendizaje, ya que actúa como una puerta por donde entra la información; si no hay enfoque, los datos no pasan al cerebro para ser trabajados o guardados [2][6]. Resulta que cosas como lo desconocido, un hecho insólito o algo nuevo encienden áreas del cerebro vinculadas al refuerzo interno, suben los niveles de dopamina y hacen más probable que los estudiantes participen [2]. Entre las herramientas útiles está controlar qué tanto exige mentalmente una tarea, considerando que la mente joven tiene límites claros en cuánto puede manejar de golpe [3][8]. Dividir temas en partes pequeñas, mostrar soluciones completas con todos sus pasos visibles y añadir dificultad poco a poco mientras se practica son formas efectivas de bajar esa exigencia innecesaria, sobre todo cuando aún se están construyendo conexiones mentales importantes [3][8]. En contextos digitales, disponer de espacios adaptados al funcionamiento cerebral mejora ciertos aspectos del control mental, tales como ajustarse a nuevas tareas o frenar reacciones automáticas; esto indica que lo social y lo físico afectan directamente la capacidad de permanecer atento [12]. Por otro lado, repartir el estudio en varias jornadas - frente a acumularlo todo en una sola - activa procesos clave para fijar conocimientos en la memoria prolongada, mostrándose más eficaz cuando se busca retención estable [8].

Trabajar bien la memoria de trabajo depende de cómo manejes temporalmente la información durante tareas complejas, tal como si fuera una mesa donde colocas ideas mientras piensas [6][9]. En matemáticas, esto resulta clave: imagina tener que guardar números mientras avanzas paso a paso o mantener reglas presentes mientras eliges cómo proceder, todo al tiempo que haces cuentas mentalmente [6]. El espacio disponible en ese sistema es pequeño, sobre todo entre niños y adolescentes, así que cuando hay muchas cosas que hacer juntas, falla fácilmente - se apaga, se confunde, entrega error [6]. Un camino útil viene del aprendizaje gradual mediante ejercicios guiados que pierden ayuda poco a poco; estudios muestran ganancias sólidas usando este método, superando otros tipos de enseñanza, especialmente cuando el alumno ya sabe algo antes de empezar, más allá de su capacidad natural de carga mental [10]. Recordar activamente datos, sin mirar apuntes ni repasar pasivamente, también construye rutas más firmes en el cerebro, haciendo que lo aprendido dure más [3]. Usar dibujos, líneas con números o ecuaciones en distintos tonos, junto a palabras dichas en voz alta y movimiento físico, activa varias partes del cerebro al mismo tiempo, favoreciendo cómo se guarda nueva información [8][9]. Trabajar con piezas reales, practicar con ábacos o marcar cantidades usando los dedos estimula áreas específicas relacionadas con el espacio y la vista, ayudando a desarrollar razonamiento matemático posterior [6].

Abordar la transferencia del aprendizaje implica enfrentar un reto clave en matemáticas: usar saberes adquiridos en situaciones distintas. Sucede esto cuando alguien percibe similitudes entre ideas enseñadas y nuevas circunstancias, necesitando estructuras mentales flexibles [6][8]. Desde otra perspectiva, métodos alineados con cómo funciona el cerebro favorecen este proceso; estos incluyen entornos seguros emocionalmente, experiencias sensoriales múltiples y pensamiento sobre el propio pensamiento [11]. Aunque parezca sorprendente, analizar casos similares ayuda a descubrir reglas generales detrás de operaciones aparentemente diferentes. En lugar de practicar rápido, dedicar tiempo extra al examen detallado de modelos podría potenciar comprensiones profundas [3][13]. Un momento clave ocurre cuando los alumnos examinan cómo aprenden, no solo qué aprenden: este tipo de reflexión alimenta tanto el control personal como las funciones cerebrales encargadas del enfoque. En lugar de saltar a lo abstracto, comenzar con objetos físicos permite avanzar paso a paso - primero dibujos, después símbolos - siguiendo un camino que imita cómo madura la comprensión numérica desde dentro. Así se construyen redes mentales más estables, ancladas en experiencias reales antes de llegar al lenguaje matemático.

En contextos de aprendizaje matemático, manejar las emociones cobra relevancia al influir directamente en cómo los estudiantes enfrentan desafíos. Lejos de ser solo un obstáculo pasajero, la tensión ante los números interfiere con procesos mentales clave, ya que estimula regiones del cerebro ligadas al temor mientras reduce el acceso a áreas responsables del análisis racional [2][6][9]. Ante un problema percibido como peligroso, ciertos mecanismos neuronales pueden tomar el control, dificultando incluso operaciones simples por saturación mental; esto alimenta percepciones negativas sobre uno mismo como "nunca podré entender esto". Un camino útil consiste en fomentar espacios donde sentirse incómodo no sea señal de fracaso, sino parte natural del progreso, viendo cada equivocación más bien como indicador de esfuerzo activo y transformación interna [6][9]. Practicar la atención plena ayuda a bajar la tensión frente a las matemáticas, además mejora cómo funcionamos al resolver problemas. Tutoriales recientes incluyen agentes inteligentes que combinan enseñanza con pausas conscientes, respiración guiada y palabras alentadoras, lo cual calma la mente sin sacrificar el progreso académico [7]. Cuando alguien avisa sobre errores, resulta útil destacar lo intentado antes que si la respuesta fue buena, esto invita a ver cada paso como parte del desarrollo [6][9]. Hablar bien del trabajo constante, confiar en las capacidades personales, aceptar distintos tiempos para aprender y valorar el camino seguido son ideas comunes en guías globales contra el temor por esta materia [7]. Por otro lado, un espacio donde se respeta, coopera y despierta curiosidad favorece sustancias cerebrales como la dopamina, necesaria cuando queremos mantenernos atentos, motivados y crear memorias estables, ayudando así a construir redes mentales más profundas [6][9].

2.4 Rendimiento académico en matemáticas

No solo el saber operaciones básicas, también entender ideas profundas forma parte del éxito escolar en matemáticas [14]. Resultados concretos muestran hasta dónde alguien domina contenidos planificados dentro de esta asignatura, incluyendo saberes teóricos junto a destrezas prácticas [15]. Más allá de sumar bien o aplicar fórmulas sin error, entra en juego cómo piensa quien resuelve situaciones nuevas usando lógica adecuada [15]. Aunque algunos creen que basta repetir pasos memorizados, realmente importa expresar razonamientos claros y adaptarse a retos poco familiares. En etapas avanzadas como la secundaria superior, pensar con flexibilidad sobre temas técnicos gana mayor peso cada año [14].

Varios aspectos afectan cómo los estudiantes aprenden matemáticas, agrupándose en áreas mentales, emocionales y motivacionales, cada una ligada entre sí y con peso sobre los resultados escolares [14][15]. Aunque existen muchos elementos implicados, destaca la memoria de trabajo: esta función sostiene datos brevemente mientras se hacen operaciones complejas, lo cual resulta clave cuando los ejercicios necesitan seguir varios pasos sin perder detalles [10][14]. Por otro lado, saber cuánto puede procesar rápido una persona también influye, puesto que facilita avanzar sin demoras en actividades donde contar con rapidez mental marca diferencia [14][16]. Resolver situaciones nuevas sin depender del estudio previo depende más bien de otra habilidad llamada inteligencia fluida, vinculada claramente al éxito en temas matemáticos que piden pensar de forma flexible o lógica [15]. Conocer antes ciertos contenidos ayuda, aunque no siempre basta si fallan estas capacidades básicas para razonar bajo condiciones cambiantes [13][14]. Lo sabido antes sirve de fundamento para aprender algo nuevo, además regula hasta qué punto funcionan ciertas formas de enseñar [10]. Aunque depende del alumno, la forma como cada uno ve sus capacidades en matemáticas afecta su impulso interno, lo que pone de su parte y cómo reacciona frente a dificultades [15].

Cuando se trata de lo emocional, la manera en que alguien se siente respecto a las matemáticas marca una diferencia clave en cómo le va. Impulsados por el gusto personal o simplemente por encontrarle sentido al razonamiento numérico, algunos alumnos dedican más esfuerzo sin necesidad de premios externos; este tipo de impulso interno suele ir acompañado de mayor tenacidad frente a problemas complejos. En cambio, aquellos movidos principalmente por incentivos fuera de la tarea - como calificaciones altas - suelen mostrar menor profundidad al enfrentar retos. Lo que piensa un estudiante sobre esta materia, especialmente si considera que tiene valor real o aplica a su vida, determina hasta qué punto aceptará participar activamente cuando las cosas se complican. Confianza también pesa: creer firmemente en poder resolver ejercicios matemáticos influye directamente en obtener mejores resultados, independientemente del nivel cognitivo inicial. Aquellos seguros de sus capacidades no solo escogen objetivos más exigentes, sino que continúan intentándolo más tiempo tras errores, además de recomponerse rápido luego de un tropiezo.

La preocupación por las matemáticas pesa mucho en cómo se sienten quienes aprenden, sobre todo adolescentes de escuela media y preparatoria [2][7]. Aparece como una tensión constante que entorpece pensar con claridad al resolver ejercicios, encendiendo zonas del cerebro ligadas al miedo mientras apaga funciones clave para recordar o analizar [6][7]. Así nace un bucle difícil: el temor frena el avance, los errores alimentan esa misma inquietud junto a ideas derrotistas, lo cual intensifica el rechazo futuro hacia números y operaciones [2]. Hallazgos actuales indican que este problema golpea con mayor fuerza a chicas y a jóvenes de contextos económicos limitados, pro-

fundizando diferencias ya existentes en resultados académicos [7]. En vez de centrarse solo en contenidos, ciertos enfoques priorizan el bienestar durante el aprendizaje; por ejemplo, prácticas basadas en la conciencia del momento presente junto con acompañamiento emocional disminuyen la tensión ligada a las matemáticas mientras sube el resultado académico [7]. Cuando aparece una situación complicada, manejar lo que se siente influye directamente en cómo reacciona la mente: esta habilidad para ajustar emociones actúa como amortiguador frente al miedo, haciendo posible seguir pensando con claridad bajo presión [14][15].

Evaluar el desempeño en matemáticas necesita herramientas capaces de reflejar sus múltiples dimensiones, no solo destrezas básicas de operación. Aunque durante años predominaron exámenes con respuestas fijas centrados en pasos mecánicos, hoy muchos estudios impulsan miradas más completas: entender ideas, argumentar soluciones o aplicar estrategias ante situaciones reales también cuenta [14][15]. Pruebas globales como PISA o TIMSS ofrecen datos comparativos entre países; sin embargo, muchas voces señalan que simplifican demasiado lo que significa pensar matemáticamente [15]. En clase, valorar el camino seguido, revisar equivocaciones junto al estudiante e intervenir mientras avanza da mejores resultados pedagógicos que juzgar únicamente el resultado final [14]. Por otro lado, entender cómo les va a los estudiantes en matemáticas requiere mirar más allá de los resultados numéricos. Factores como el estado emocional, el grado de motivación o la tensión en clase afectan notablemente su desempeño durante las evaluaciones [2][7]. En lugar de limitarse a exámenes con respuestas prefijadas, herramientas distintas pueden dar información más rica. Por ejemplo, usar rúbricas centradas en el pensamiento lógico permite observar cómo resuelven problemas. Los portafolios, mientras tanto, muestran avances graduales a través del tiempo. Incluso algunas pruebas con preguntas abiertas logran capturar aspectos que las pruebas estandarizadas normalmente pasan por alto [15].

2.5 Investigación basada en un esquema conceptual

Partiendo del funcionamiento cerebral observado en entornos escolares, este trabajo conecta aspectos clave mediante un marco conceptual claro. Gracias a evidencias concretas sobre técnicas aplicadas al aula, surge una propuesta centrada en cómo ciertas intervenciones afectan el dominio matemático. Aunque su base proviene de estudios anteriores, incorpora elementos dinámicos vinculados al desarrollo adolescente. Debido a que cada variable influye diferencialmente, se considera la motivación intrínseca como eje transversal. Desde esta perspectiva, las conexiones neuronales moldeadas por experiencias formativas adquieren especial relevancia. Tal aproximación integra descubrimientos experimentales con procesos cognitivos activos durante la enseñanza media superior.

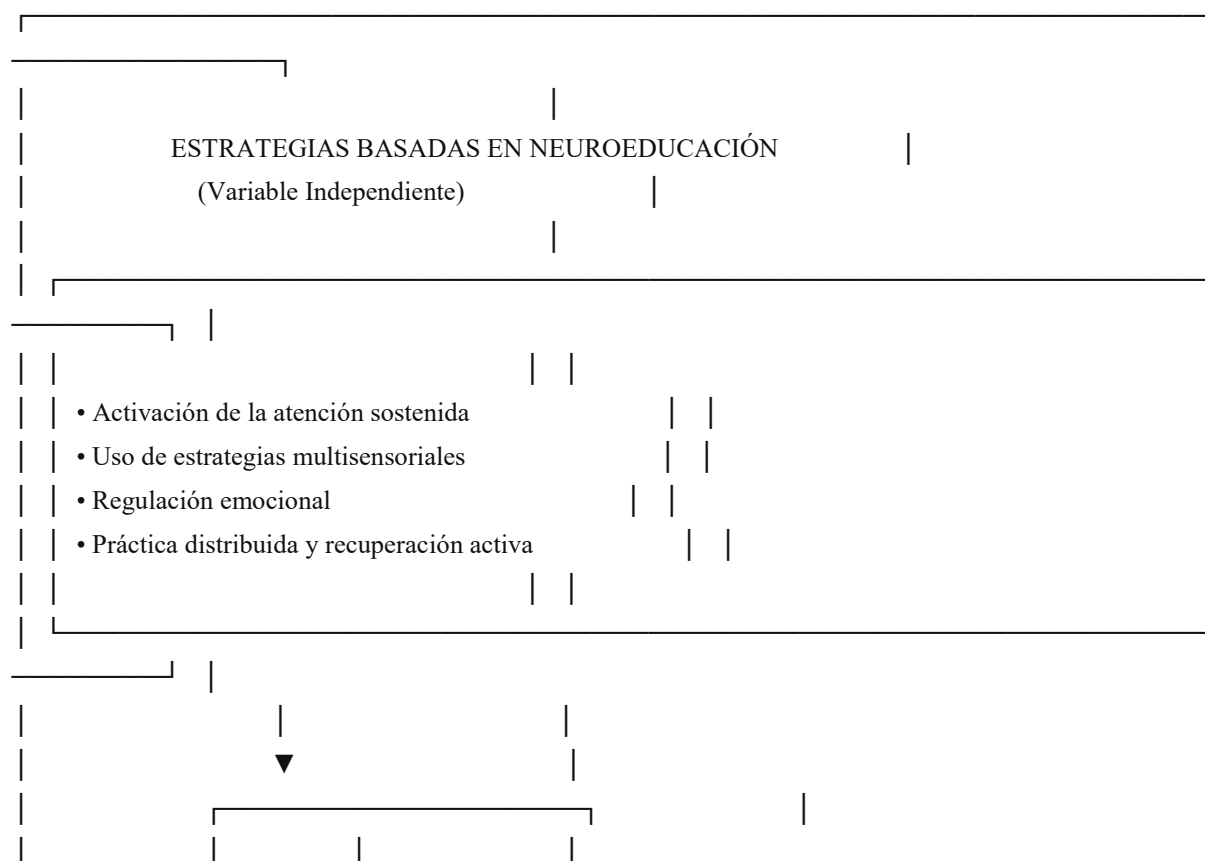
En este estudio, lo central es cómo ciertas estrategias influyen en el aprendizaje matemático; estas estrategias parten de entender cómo funciona el cerebro. Se trabajan métodos concretos que mejoran aspectos como la atención, la forma de recordar, pensar o manejar emociones mientras se aprenden números y operaciones. En lugar de quedarse solo en teoría, aquí cada técnica tiene una expresión práctica medible. Cuatro formas distintas permiten observar su impacto real dentro del aula. Una de ellas apunta al mantenimiento prolongado de la concentración durante tareas numéricas. Esto ocurre gracias a recursos como presentar elementos inesperados, despertar interés genuino o controlar cuánta información llega al estudiante a la vez. También ayuda dividir temas grandes en partes pequeñas, aumentando poco a poco la dificultad. Otra vía implica estimular más de un sentido cuando se enseña. Ver gráficos, escuchar explicaciones, moverse físicamente o tocar materiales manipulables activa áreas diversas del sistema nervioso. Así, almacenar ideas matemáticas resulta más accesible luego. Cada experiencia sensorial abre caminos alternativos para registrar y volver a usar ese conocimiento. A menudo, manejar las emociones en clase implica usar métodos para bajar la tensión frente a las matemáticas, fomentar confianza progresiva y construir entornos donde todos se sientan estables interiormente; entre ellos están ejercicios de concentración consciente y comentarios que destacan esfuerzo más que resultado. Por otro lado, estudiar con pausas intencionadas o hacer que alumnos recuerden contenido sin mirar apuntes - no solo repitiéndolo - consolida aprendizajes duraderos al exigir trabajo cognitivo activo, reforzando así redes neuronales clave.

Aprendizaje matemático aparece primero como variable dependiente. Se entiende como el desarrollo progresivo en que alumnos incorporan saberes, destrezas y capacidades propias de esta disciplina. Durante este proceso, distintas áreas cerebrales interactúan activándose simultáneamente. Para su medición, se han considerado cuatro dimensiones específicas. Una de ellas evalúa la comprensión conceptual: aquí importa cómo los estudiantes capturan el sentido subyacente de nociones abstractas. Implica conectar ideas afines, identificar usos reales y diferenciar casos válidos frente a excepciones. Memorizar fórmulas resulta insuficiente. Otra dimensión explora resolución de problemas. En ella, se observa si quien aprende enfrenta desafíos usando métodos exploratorios. Requiere escoger técnicas adecuadas, realizar operaciones sin errores y revisar si los resultados tienen lógica interna. Pensar con lógica matemática implica que el alumno detecte secuencias, genere deducciones correctas, pruebe suposiciones y desarrolle razonamientos sólidos usando principios válidos. Aplicar lo aprendido en escenarios

distintos requiere usar métodos o saberes adquiridos antes, aunque el entorno cambie por completo, mostrando así estructuras cognitivas adaptables.

El rendimiento escolar en matemáticas aparece como la segunda variable dependiente. Este concepto describe hasta qué punto un alumno domina los contenidos y destrezas previstos en el plan educativo. Su manifestación incluye tanto saberes prácticos como teóricos. Tres marcas diferentes permiten observarlo en contexto real. Las notas entregadas surgen de ejercicios valorados durante el tiempo de estudio aplicado. Dichas puntuaciones obedecen a la norma oficial usada por la institución. Ellas muestran cómo le fue al estudiante frente a exámenes o tareas concretas. El avance en aprendizajes señala cuán cerca llegó el alumno de cumplir lo esperado para Primer año de Bachillerato. Tal progreso contempla manejo de técnicas, datos memorizados, pensamiento lógico y capacidad para solucionar situaciones complejas. Por otro lado, las respuestas dadas en pruebas especiales revelan el aprovechamiento real tras trabajar ciertos temas. Estas herramientas midieron solo aquello enseñado durante el proceso. Ofrecen entonces una visión clara sobre lo interiorizado.

Conectar las variables implica observar dos planos clave. Primero aparece cómo aplicar métodos desde la neuroeducación afecta el aprendizaje en matemáticas. Cuando se estimula la atención prolongada usando técnicas que atrapan y sostienen el enfoque, los alumnos tienden a manejar mejor los datos numéricos, lo cual favorece su paso hacia la memoria operativa y después hacia la memoria duradera. Integrar estímulos sensoriales diversos potencia vínculos cerebrales, elevando la forma en que se graba y recupera contenido matemático, además de profundizar el entendimiento abstracto junto con la capacidad analítica. Si se equilibra el estado emocional, disminuye el temor ante las matemáticas; así emergen condiciones favorables donde menos energía mental queda trabada por respuestas del miedo, dejando espacio para que áreas como la corteza prefrontal actúen sin obstáculos durante análisis complejos o decisiones lógicas. Espaciar las sesiones de estudio junto con ejercer la recuperación activa fortalece las conexiones neuronales, ayudando a recordar por más tiempo mientras favorece usar lo aprendido en situaciones distintas. A continuación, dominar conceptos matemáticos influye directamente en cómo los estudiantes se desenvuelven en esa asignatura. Entender mejor las ideas centrales, resolver problemas con mayor soltura, pensar con lógica matemática y aplicar conocimientos en otros escenarios produce calificaciones superiores, avances claros en el nivel alcanzado y puntuaciones más altas en exámenes estandarizados. Lo que una persona aprende afecta su desempeño escolar; paralelamente, obtener buenos resultados alimenta la confianza personal y aumenta la disposición para seguir aprendiendo, creando así un proceso acumulativo donde cada logro impulsa el siguiente. Un diagrama visual - la Figura 1 - organiza estas relaciones como base para estructurar el método usado, planificar acciones formativas y examinar los datos obtenidos durante esta investigación.





- ← Relación causal directa
- ← Retroalimentación bidireccional

Figura 1. Modelo teórico de investigación

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Contexto y participantes del estudio

La investigación se llevó a cabo en una institución educativa fiscal de nivel secundario, ubicada en un contexto urbano de características socioeconómicas medio-bajas. El plantel atiende a una población estudiantil de más de 2,500 estudiantes de distintos niveles educativos, lo que refleja la alta demanda y los desafíos propios de las instituciones públicas en zonas urbanas. Los participantes del estudio fueron estudiantes de Primero de Bachillerato, seleccionados por conveniencia entre los cursos disponibles en la jornada diurna. Todos los estudiantes pertenecían al mismo nivel educativo y compartían características sociodemográficas similares, provenientes de familias de nivel socioeconómico medio-bajo.

3.2 Diseño metodológico

El estudio se enmarcó en un enfoque cuantitativo con un diseño cuasi-experimental de tipo pretest-postest con grupo control no equivalente. Este diseño fue seleccionado debido a la imposibilidad de realizar una asignación aleatoria de los participantes a los grupos, característica propia de los contextos educativos donde los estudiantes ya se encuentran organizados en cursos establecidos por la institución. El diseño incluyó dos grupos: un grupo experimental, que recibió la intervención educativa basada en estrategias neurodidácticas, y un grupo control, que continuó con las metodologías tradicionales de enseñanza matemática. Ambos grupos fueron evaluados en dos momentos: antes del inicio de la intervención (pretest) y después de finalizada la misma (postest), lo que permitió comparar los cambios intra-grupo y entre grupos.

3.3 Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por todos los estudiantes de Primero de Bachillerato del colegio universitario UTN en la ciudad de Ibarra durante el período académico correspondiente. La muestra estuvo compuesta por 72 estudiantes, distribuidos en dos grupos: 36 estudiantes en el grupo experimental y 36 estudiantes en el grupo control. El tamaño muestral fue determinado considerando la disponibilidad de los cursos existentes y el número mínimo requerido para garantizar la potencia estadística adecuada para las pruebas paramétricas planificadas. Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando dos cursos que presentaban características homogéneas en cuanto a nivel educativo, edad promedio (entre 15 y 17 años), distribución por género y rendimiento académico previo en matemáticas.

3.4 Variables del estudio

El estudio consideró tres variables principales. La variable independiente fue las estrategias basadas en neuroeducación, definida operacionalmente como la implementación de un programa de estrategias neurodidácticas que incluyó la activación de la atención sostenida, el uso de estrategias multisensoriales, la regulación emocional y la práctica distribuida con recuperación activa. Esta variable fue manipulada a través de la intervención educativa aplicada exclusivamente al grupo experimental, mientras que el grupo control mantuvo las metodologías tradicionales de enseñanza matemática. La primera variable dependiente fue el aprendizaje matemático, definido conceptualmente como el proceso mediante el cual los estudiantes adquieren, comprenden y aplican conocimientos y habilidades en el dominio de las matemáticas. Esta variable fue evaluada mediante un cuestionario de estrategias de aprendizaje y motivación que midió cuatro dimensiones: comprensión de conceptos matemáticos, habilidad para resolver problemas, razonamiento lógico-matemático y transferencia del aprendizaje. La segunda variable dependiente fue el rendimiento académico en matemáticas, definido como el grado de dominio y competencia alcanzado por el estudiante en relación con los objetivos curriculares. Esta variable fue evaluada mediante una prueba de rendimiento matemático diseñada ad hoc, que consideró las calificaciones obtenidas, el nivel de logro de los aprendizajes y los resultados en pruebas de evaluación.

3.5 Descripción de la intervención educativa



La intervención educativa consistió en la implementación de un programa de estrategias basadas en neuroeducación, aplicado exclusivamente al grupo experimental durante un período de 10 semanas. La estrategia neurodidáctica aplicada se estructuró en torno a cinco componentes fundamentales: activación de la atención sostenida, uso de estrategias multisensoriales, regulación emocional, práctica distribuida y recuperación activa. Cada sesión iniciaba con actividades de activación atencional como ejercicios de atención plena (mindfulness) de 3 a 5 minutos, seguidos de la presentación de contenidos mediante estrategias multisensoriales que involucraban recursos visuales, auditivos y kinestésicos. La regulación emocional se abordó mediante la creación de un clima de aula seguro, la normalización del error como oportunidad de aprendizaje y el uso de retroalimentación centrada en el proceso. La práctica distribuida se implementó mediante la organización de sesiones espaciadas en el tiempo, mientras que la recuperación activa se integró a través de preguntas frecuentes, resúmenes y ejercicios de recuperación al inicio de cada sesión.

La duración de la intervención fue de 10 semanas, con dos sesiones semanales de 45 minutos, totalizando 20 sesiones de intervención. Esta duración fue seleccionada con base en evidencia previa que indica que las intervenciones de al menos ocho semanas generan efectos significativos en el aprendizaje y la motivación. Las sesiones desarrolladas siguieron una estructura progresiva: las primeras dos semanas estuvieron dedicadas a la presentación de la metodología, la conformación de equipos y la familiarización con las técnicas neurodidácticas; las semanas tres a ocho comprendieron el desarrollo de los contenidos curriculares de matemáticas de Primero de Bachillerato (funciones, álgebra, geometría y estadística), integrando las estrategias neurodidácticas en cada sesión; las semanas nueve y diez se enfocaron en la sistematización de aprendizajes, la resolución de problemas integrales y la preparación para la evaluación final. Los recursos utilizados incluyeron materiales didácticos impresos, recursos audiovisuales, materiales manipulativos para matemáticas (regletas, geoplanos, tangram, bloques), acceso a internet para investigación y plataformas educativas, y materiales de papelería para la elaboración de mapas conceptuales y representaciones gráficas.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se emplearon dos instrumentos principales, aplicados tanto en el pretest como en el postest a ambos grupos. El primer instrumento fue el cuestionario de estrategias de aprendizaje y motivación, diseñado para medir el nivel de aprendizaje matemático y la motivación de los estudiantes. El cuestionario estuvo compuesto por 20 ítems distribuidos en cuatro dimensiones: comprensión de conceptos matemáticos (5 ítems), habilidad para resolver problemas (5 ítems), razonamiento lógico-matemático (5 ítems) y transferencia del aprendizaje (5 ítems). Los ítems se respondieron mediante una escala Likert de cinco puntos, donde 1 correspondía a "Totalmente en desacuerdo" y 5 a "Totalmente de acuerdo". La aplicación del cuestionario tuvo una duración aproximada de 15 minutos.

El segundo instrumento fue la prueba de rendimiento matemático, diseñada ad hoc para evaluar los aprendizajes alcanzados en el área de matemáticas durante el período de intervención. La prueba estuvo compuesta por 25 preguntas de opción múltiple, con cuatro alternativas de respuesta, que evaluaban los contenidos curriculares de funciones, álgebra, geometría y estadística correspondientes a Primero de Bachillerato. La prueba fue elaborada considerando los objetivos de aprendizaje establecidos para el nivel educativo correspondiente y fue validada mediante juicio de expertos conformado por tres docentes del área con experiencia en el nivel. La aplicación de la prueba tuvo una duración de 60 minutos.

La validación y confiabilidad de los instrumentos fueron garantizadas mediante procedimientos rigurosos. El cuestionario de estrategias de aprendizaje y motivación fue sometido a un proceso de validación de contenido mediante juicio de cinco expertos en educación, neuroeducación y psicología educativa, quienes evaluaron la pertinencia y claridad de cada ítem. El índice de validez de contenido (IVC) alcanzó un valor de 0.93, considerado adecuado. La confiabilidad del cuestionario fue determinada mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.85 en una prueba piloto aplicada a 30 estudiantes con características similares a la muestra, lo que indica una consistencia interna alta. La prueba de rendimiento matemático fue validada mediante juicio de expertos y sometida a un análisis de dificultad y discriminación de ítems, seleccionando aquellos con índices adecuados. La confiabilidad de la prueba se estimó mediante el coeficiente KR-20, obteniendo un valor de 0.83, considerado aceptable para instrumentos de medición educativa.

3.7 Procedimiento de investigación

El procedimiento de investigación se desarrolló en varias fases secuenciales. En la primera fase, se solicitó la autorización formal a las autoridades de la institución educativa para la realización del estudio, presentando los objetivos, la metodología y las consideraciones éticas de la investigación. Una vez obtenida la autorización institucional, se procedió a la selección de los participantes y la conformación de los grupos: un curso fue designado

como grupo experimental y otro como grupo control, ambos con características homogéneas. En la segunda fase, se aplicó el pretest a ambos grupos, consistente en el cuestionario de estrategias de aprendizaje y motivación y la prueba de rendimiento matemático, con el fin de establecer las mediciones basales de las variables dependientes. La aplicación fue supervisada por los investigadores y se llevó a cabo en un ambiente de aula regular. En la tercera fase, se implementó la intervención educativa durante 10 semanas, aplicando las estrategias neurodidácticas al grupo experimental mientras el grupo control continuó con las metodologías tradicionales de enseñanza matemática. Durante esta fase, los docentes a cargo del grupo experimental recibieron capacitación previa en neuroeducación y estrategias neurodidácticas, y contaron con el acompañamiento de los investigadores. En la cuarta fase, finalizada la intervención, se aplicó el posttest a ambos grupos, utilizando los mismos instrumentos del pretest, para evaluar los cambios producidos. Finalmente, en la quinta fase, se procedió al análisis de los datos recolectados.

3.8 Consideraciones éticas

La investigación se desarrolló siguiendo los principios éticos establecidos para la investigación con seres humanos. Se obtuvo el consentimiento informado de los padres o representantes legales de los estudiantes participantes, quienes fueron informados sobre los objetivos del estudio, la naturaleza de la intervención, la confidencialidad de los datos y el carácter voluntario de la participación. Los estudiantes también fueron informados sobre el estudio y se les garantizó que su participación no afectaría sus calificaciones ni su situación académica. Se aseguró la confidencialidad y el anonimato de los datos, asignando códigos numéricos a los participantes para proteger su identidad. El estudio fue aprobado por el comité de ética de la institución responsable y se ajustó a las normativas de protección de datos personales vigentes en el país. Asimismo, se garantizó el derecho de los participantes a retirarse del estudio en cualquier momento sin consecuencias negativas.

3.9 Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó mediante el software estadístico SPSS versión 26.0 para Windows. Se emplearon tanto estadísticos descriptivos como inferenciales para responder a los objetivos de investigación. La estadística descriptiva incluyó el cálculo de medias, desviaciones estándar, frecuencias y porcentajes para caracterizar a los participantes y describir el comportamiento de las variables en los diferentes momentos de medición. Se calcularon las medias y desviaciones estándar de las puntuaciones del cuestionario de estrategias de aprendizaje y motivación y de la prueba de rendimiento matemático para ambos grupos en el pretest y en el posttest.

La prueba de normalidad se realizó mediante el estadístico de Shapiro-Wilk, adecuado para muestras de tamaño menor a 50, con el fin de verificar el supuesto de distribución normal de los datos. El nivel de significancia establecido fue $\alpha = 0.05$. Para los datos que cumplieron con el supuesto de normalidad, se aplicaron pruebas paramétricas; para aquellos que no lo cumplieron, se emplearon pruebas no paramétricas.

La comparación intragrupo (pretest-posttest) se realizó mediante la prueba t de Student para muestras relacionadas para el grupo experimental y el grupo control por separado, con el fin de determinar si existieron cambios significativos en el aprendizaje matemático y el rendimiento académico dentro de cada grupo después de la intervención. Se compararon las puntuaciones del pretest y posttest para cada variable dependiente en cada grupo.

La comparación entre el grupo experimental y el grupo control se realizó mediante la prueba t de Student para muestras independientes, comparando las puntuaciones del posttest y las ganancias (diferencia posttest-pretest) entre ambos grupos. Esta comparación permitió determinar si las diferencias observadas en el grupo experimental eran estadísticamente superiores a las del grupo control, atribuyendo las diferencias al efecto de la intervención.

Finalmente, el tamaño del efecto se calculó utilizando la d de Cohen para cuantificar la magnitud de las diferencias encontradas entre el grupo experimental y el grupo control. Los valores de d se interpretaron de acuerdo con los criterios convencionales: efecto pequeño ($d = 0.20$), efecto mediano ($d = 0.50$) y efecto grande ($d = 0.80$). El cálculo del tamaño del efecto permitió determinar la relevancia práctica de los hallazgos, más allá de la significación estadística.

4. RESULTADOS

4.1 Características iniciales de los grupos de estudio

La Tabla 1 presenta las características sociodemográficas y académicas iniciales de los participantes del estudio, comparando el grupo experimental y el grupo control. La muestra total estuvo compuesta por 72 estudiantes, con 36 participantes en cada grupo. En cuanto a la distribución por sexo, el grupo experimental presentó 18 estudian-

tes de sexo masculino (50.0%) y 18 de sexo femenino (50.0%), mientras que el grupo control mostró una distribución similar con 19 estudiantes de sexo masculino (52.8%) y 17 de sexo femenino (47.2%). La edad promedio de los participantes fue de 15.8 años en el grupo experimental ($DE = 0.72$) y 15.9 años en el grupo control ($DE = 0.68$), lo que indica que ambos grupos eran comparables en términos etarios. En relación con el nivel socioeconómico, la mayoría de los estudiantes de ambos grupos pertenecían al nivel medio-bajo, característico del contexto urbano donde se desarrolló el estudio, con un 83.3% en el grupo experimental y un 80.6% en el grupo control.

Tabla 1. Características sociodemográficas y académicas iniciales de los grupos de estudio

Característica	Grupo Experimental (n=36)	Grupo Control (n=36)
Sexo		
Masculino	18 (50.0%)	19 (52.8%)
Femenino	18 (50.0%)	17 (47.2%)
Edad (años)		
Media	15.8	15.9
Desviación estándar	0.72	0.68
Rango	15-17	15-17
Nivel socioeconómico		
Medio-bajo	30 (83.3%)	29 (80.6%)
Bajo	6 (16.7%)	7 (19.4%)
Calificación previa en Matemáticas		
Media	6.8	6.9
Desviación estándar	0.92	0.88

La Tabla 2 presenta la comparación de las puntuaciones iniciales (pretest) del aprendizaje matemático y del rendimiento académico en matemáticas entre el grupo experimental y el grupo control, con el fin de verificar la equivalencia inicial de los grupos antes de la intervención. En el pretest de aprendizaje matemático, el grupo experimental obtuvo una media de 2.88 ($DE = 0.45$), mientras que el grupo control obtuvo una media de 2.85 ($DE = 0.47$). La diferencia entre ambos grupos fue de 0.03 puntos, la cual no resultó estadísticamente significativa ($t = 0.276$; $p = 0.783$). En cuanto al pretest de rendimiento académico en matemáticas, el grupo experimental presentó una media de 6.8 ($DE = 1.35$), mientras que el grupo control obtuvo una media de 6.9 ($DE = 1.28$). La di-

ferencia de 0.1 puntos tampoco fue estadísticamente significativa ($t = -0.323$; $p = 0.748$). Estos resultados confirman que ambos grupos partieron de condiciones iniciales equivalentes tanto en aprendizaje matemático como en rendimiento académico en matemáticas, lo que permite atribuir las diferencias posteriores a la intervención aplicada.

Tabla 2. Comparación de puntuaciones iniciales (pretest) entre grupo experimental y grupo control

Variable	Grupo Experimental (n=36)	Grupo Control (n=36)	Diferencia	t	p
	Media (DE)	Media (DE)			
Aprendizaje matemático (pretest)	2.88 (0.45)	2.85 (0.47)	0.03	0.276	0.783
Comprensión de conceptos	2.82 (0.52)	2.80 (0.50)	0.02	0.168	0.867
Habilidad para resolver problemas	2.85 (0.50)	2.82 (0.53)	0.03	0.250	0.803
Razonamiento lógico-matemático	2.92 (0.48)	2.88 (0.51)	0.04	0.344	0.732
Transferencia del aprendizaje	2.93 (0.55)	2.90 (0.52)	0.03	0.240	0.811
Rendimiento académico en Matemáticas (pretest)	6.8 (1.35)	6.9 (1.28)	-0.10	-0.323	0.748

Nota: DE = Desviación estándar. El aprendizaje matemático se midió en una escala de 1 a 5. El rendimiento académico se midió en una escala de 0 a 10. Las diferencias no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$), lo que indica equivalencia inicial entre grupos.

La Tabla 3 presenta los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para las variables de estudio en ambos grupos y en ambos momentos de medición. Esta prueba fue necesaria para determinar el tipo de análisis estadístico a emplear (paramétrico o no paramétrico). Los resultados mostraron que todas las variables presentaron valores de significancia superiores a 0.05, lo que indica que los datos se distribuyen de manera normal. Para el aprendizaje matemático, los valores de Shapiro-Wilk oscilaron entre 0.945 y 0.968, con significancias entre 0.098 y 0.421, todos superiores a 0.05. Para el rendimiento académico en matemáticas, los valores oscilaron entre 0.948 y 0.965, con significancias entre 0.115 y 0.398. Estos resultados confirman el cumplimiento del supuesto de normalidad, lo que justifica el uso de pruebas paramétricas para los análisis inferenciales posteriores.

Tabla 3. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para las variables de estudio

Variable	Grupo	Momento	Estadístico W	gl	p
Aprendizaje matemático	Experimental	Pretest	0.958	36	0.214
	Experimental	Posttest	0.950	36	0.132
	Control	Pretest	0.965	36	0.312
	Control	Posttest	0.945	36	0.098
Rendimiento académico en Matemáticas	Experimental	Pretest	0.963	36	0.298
	Experimental	Posttest	0.952	36	0.148
	Control	Pretest	0.958	36	0.218
	Control	Posttest	0.948	36	0.115

Nota: Todos los valores de p son superiores a 0.05, lo que indica que los datos se distribuyen normalmente.

4.2 Comparación del aprendizaje matemático antes y después de la intervención

La Tabla 4 presenta los resultados de la comparación intragrupo (pretest-posttest) del aprendizaje matemático para el grupo experimental y el grupo control. En el grupo experimental, el aprendizaje matemático mostró un incremento significativo, pasando de una media de 2.88 (DE = 0.45) en el pretest a 4.18 (DE = 0.40) en el posttest. Esta diferencia de 1.30 puntos resultó estadísticamente significativa ($t = -14.567$; $p < 0.001$), lo que indica que la intervención basada en estrategias neurodidácticas produjo un aumento sustancial en el aprendizaje matemático de los estudiantes. En contraste, el grupo control presentó un incremento modesto, pasando de 2.85 (DE = 0.47) en el pretest a 3.08 (DE = 0.48) en el posttest, con una diferencia de solo 0.23 puntos, la cual no resultó estadísticamente significativa ($t = -1.892$; $p = 0.067$).

Tabla 4. Comparación intragrupo del aprendizaje matemático (pretest-posttest)

Grupo	Momento	n	Media	DE	Diferencia	t	p
Grupo Experimental	Pretest	36	2.88	0.45	1.30	-14.567	<0.001

Grupo	Momento	n	Media	DE	Diferencia	t	p
	Postest	36	4.18	0.40			
Grupo Control	Pretest	36	2.85	0.47	0.23	-1.892	0.067
	Postest	36	3.08	0.48			

Nota: El aprendizaje matemático se midió en una escala de 1 a 5. La diferencia corresponde a la ganancia (postest - pretest).

La Tabla 5 presenta el análisis detallado de las dimensiones del aprendizaje matemático para el grupo experimental, comparando las puntuaciones del pretest y postest en cada una de las cuatro dimensiones evaluadas: comprensión de conceptos matemáticos, habilidad para resolver problemas, razonamiento lógico-matemático y transferencia del aprendizaje. Todas las dimensiones mostraron incrementos significativos. La comprensión de conceptos matemáticos aumentó de 2.82 (DE = 0.52) a 4.20 (DE = 0.45), con una diferencia de 1.38 puntos ($t = -13.892$; $p < 0.001$). La habilidad para resolver problemas pasó de 2.85 (DE = 0.50) a 4.15 (DE = 0.42), con una diferencia de 1.30 puntos ($t = -12.876$; $p < 0.001$). El razonamiento lógico-matemático se incrementó de 2.92 (DE = 0.48) a 4.22 (DE = 0.41), con una diferencia de 1.30 puntos ($t = -13.456$; $p < 0.001$). Finalmente, la transferencia del aprendizaje aumentó de 2.93 (DE = 0.55) a 4.12 (DE = 0.46), con una diferencia de 1.19 puntos ($t = -11.234$; $p < 0.001$). Estos resultados evidencian que la intervención impactó positivamente en todas las dimensiones del aprendizaje matemático, siendo la comprensión de conceptos y el razonamiento lógico-matemático las dimensiones que mostraron los mayores incrementos.

Tabla 5. Comparación intragrupo de las dimensiones del aprendizaje matemático en el grupo experimental

Dimensión	Momento	Media	DE	Diferencia	t	p
Comprensión de conceptos matemáticos	Pretest	2.82	0.52	1.38	-13.892	<0.001
	Postest	4.20	0.45			
Habilidad para resolver problemas	Pretest	2.85	0.50	1.30	-12.876	<0.001
	Postest	4.15	0.42			
Razonamiento lógico-matemático	Pretest	2.92	0.48	1.30	-13.456	<0.001
	Postest	4.22	0.41			
Transferencia del aprendizaje	Pretest	2.93	0.55	1.19	-	<0.001

Dimensión	Momento	Media	DE	Diferencia	t	p
					11.234	
	Postest	4.12	0.46			

Nota: Las dimensiones se midieron en una escala de 1 a 5. Todos los incrementos fueron estadísticamente significativos ($p < 0.001$).

La Tabla 6 presenta el análisis detallado de las dimensiones del aprendizaje matemático para el grupo control, comparando las puntuaciones del pretest y postest en cada una de las cuatro dimensiones evaluadas. A diferencia del grupo experimental, el grupo control no mostró incrementos significativos en ninguna de las dimensiones. La comprensión de conceptos matemáticos aumentó ligeramente de 2.80 (DE = 0.50) a 3.02 (DE = 0.52), con una diferencia de 0.22 puntos no significativa ($t = -1.678$; $p = 0.102$). La habilidad para resolver problemas pasó de 2.82 (DE = 0.53) a 3.05 (DE = 0.50), con una diferencia de 0.23 puntos ($t = -1.789$; $p = 0.082$). El razonamiento lógico-matemático se incrementó de 2.88 (DE = 0.51) a 3.10 (DE = 0.49), con una diferencia de 0.22 puntos ($t = -1.623$; $p = 0.114$). La transferencia del aprendizaje aumentó de 2.90 (DE = 0.52) a 3.15 (DE = 0.50), con una diferencia de 0.25 puntos ($t = -1.890$; $p = 0.067$). Estos resultados confirman que, en ausencia de la intervención neurodidáctica, el aprendizaje matemático de los estudiantes del grupo control se mantuvo prácticamente estable durante el período de estudio.

Tabla 6. Comparación intragrupo de las dimensiones del aprendizaje matemático en el grupo control

Dimensión	Momento	Media	DE	Diferencia	t	p
Comprensión de conceptos matemáticos	Pretest	2.80	0.50	0.22	- 1.678	0.102
	Postest	3.02	0.52			
Habilidad para resolver problemas	Pretest	2.82	0.53	0.23	- 1.789	0.082
	Postest	3.05	0.50			
Razonamiento lógico-matemático	Pretest	2.88	0.51	0.22	- 1.623	0.114
	Postest	3.10	0.49			
Transferencia del aprendizaje	Pretest	2.90	0.52	0.25	- 1.890	0.067

Dimensión	Momento	Media	DE	Diferencia	t	p
	Postest	3.15	0.50			

Nota: Las dimensiones se midieron en una escala de 1 a 5. Ninguna de las diferencias fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$).

4.3 Comparación del rendimiento académico en matemáticas antes y después de la intervención

La Tabla 7 presenta los resultados de la comparación intragrupo (pretest-postest) del rendimiento académico en matemáticas para el grupo experimental y el grupo control. En el grupo experimental, el rendimiento académico mostró un incremento sustancial, pasando de una media de 6.8 (DE = 1.35) en el pretest a 8.7 (DE = 1.02) en el postest. Esta diferencia de 1.9 puntos resultó estadísticamente significativa ($t = -7.865$; $p < 0.001$), lo que indica que la intervención basada en estrategias neurodidácticas mejoró significativamente el rendimiento académico en matemáticas de los estudiantes. En contraste, el grupo control presentó un incremento modesto, pasando de 6.9 (DE = 1.28) en el pretest a 7.3 (DE = 1.30) en el postest, con una diferencia de solo 0.4 puntos, la cual no resultó estadísticamente significativa ($t = -1.182$; $p = 0.245$).

Tabla 7. Comparación intragrupo del rendimiento académico en matemáticas (pretest-postest)

Grupo	Momento	n	Media	DE	Diferencia	t	p
Grupo Experimental	Pretest	36	6.8	1.35	1.9	-7.865	<0.001
	Postest	36	8.7	1.02			
Grupo Control	Pretest	36	6.9	1.28	0.4	-1.182	0.245
	Postest	36	7.3	1.30			

Nota: El rendimiento académico se midió en una escala de 0 a 10. La diferencia corresponde a la ganancia (postest - pretest).

4.4 Diferencias entre el grupo experimental y el grupo control

La Tabla 8 presenta la comparación entre el grupo experimental y el grupo control en las puntuaciones del postest y en las ganancias (diferencia postest-pretest) para el aprendizaje matemático y el rendimiento académico en matemáticas. En cuanto al aprendizaje matemático, el grupo experimental obtuvo una media de 4.18 (DE = 0.40) en el postest, mientras que el grupo control alcanzó una media de 3.08 (DE = 0.48). Esta diferencia de 1.10 puntos resultó estadísticamente significativa ($t = 10.567$; $p < 0.001$), lo que confirma que los estudiantes del grupo experimental presentaron niveles de aprendizaje matemático significativamente superiores a los del grupo control después de la intervención. En cuanto a las ganancias, el grupo experimental mostró un incremento de 1.30 puntos (DE = 0.53), mientras que el grupo control presentó un incremento de solo 0.23 puntos (DE = 0.64), siendo esta diferencia también estadísticamente significativa ($t = 7.654$; $p < 0.001$).

En relación con el rendimiento académico en matemáticas, el grupo experimental obtuvo una media de 8.7 (DE = 1.02) en el postest, mientras que el grupo control alcanzó una media de 7.3 (DE = 1.30). Esta diferencia de 1.4

puntos resultó estadísticamente significativa ($t = 5.023$; $p < 0.001$), lo que indica que el rendimiento académico en matemáticas del grupo experimental fue significativamente superior al del grupo control después de la intervención. En cuanto a las ganancias, el grupo experimental mostró un incremento de 1.9 puntos ($DE = 1.45$), mientras que el grupo control presentó un incremento de solo 0.4 puntos ($DE = 1.82$), siendo esta diferencia también estadísticamente significativa ($t = 3.876$; $p < 0.001$).

Tabla 8. Comparación entre grupo experimental y grupo control en posttest y ganancias

Variable	Grupo Experi- mental (n=36)	Grupo Con- trol (n=36)	Diferencia	t	p
	Media (DE)	Media (DE)			
Posttest					
Aprendizaje matemático	4.18 (0.40)	3.08 (0.48)	1.10	10.567	<0.001
Rendimiento académico en Matemáticas	8.7 (1.02)	7.3 (1.30)	1.4	5.023	<0.001
Ganancia (Posttest - Pretest)					
Aprendizaje matemático	1.30 (0.53)	0.23 (0.64)	1.07	7.654	<0.001
Rendimiento académico en Matemáticas	1.9 (1.45)	0.4 (1.82)	1.5	3.876	<0.001

Nota: El aprendizaje matemático se midió en una escala de 1 a 5. El rendimiento académico se midió en una escala de 0 a 10. Todas las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.001$).

4.5 Magnitud del efecto de las estrategias neurodidácticas

La Tabla 9 presenta el tamaño del efecto de las estrategias basadas en neuroeducación sobre el aprendizaje matemático y el rendimiento académico en matemáticas, calculado mediante la d de Cohen. Para el aprendizaje matemático, el tamaño del efecto calculado a partir de las ganancias fue de $d = 0.88$, lo que se interpreta como un efecto grande según los criterios convencionales ($d \geq 0.80$). Este valor indica que la intervención tuvo un impacto sustancial sobre el aprendizaje matemático de los estudiantes, superando ampliamente el umbral considerado como relevante desde el punto de vista práctico. Para el rendimiento académico en matemáticas, el tamaño del efecto fue de $d = 0.82$, valor que también se clasifica como efecto grande. Este resultado confirma que las estrategias basadas en neuroeducación no solo mejoraron estadísticamente el rendimiento académico en matemáticas, sino que la magnitud de dicha mejora es prácticamente relevante.

Tabla 9. Tamaño del efecto (d de Cohen) de las estrategias basadas en neuroeducación

Variable	d de Cohen	Interpretación
----------	--------------	----------------

Variable	d de Cohen	Interpretación
Aprendizaje matemático	0.88	Efecto grande
Rendimiento académico en Matemáticas	0.82	Efecto grande

Nota: Interpretación según criterios convencionales: efecto pequeño ($d = 0.20$), efecto mediano ($d = 0.50$), efecto grande ($d = 0.80$).

5. DISCUSIÓN

5.1 Influencia de las estrategias neurodidácticas en el aprendizaje matemático

Tras aplicar estrategias de neuroeducación, los estudiantes del grupo experimental mejoraron notablemente en matemáticas. Aunque al inicio ambos grupos tenían niveles similares, las diferencias emergieron tras la intervención. Partiendo de 2.88 en el pretest, su desempeño subió hasta 4.18 en el postest. En cambio, el grupo control apenas avanzó: de 2.85 a 3.08. Mientras uno progresaba casi un punto y medio, el otro apenas superaba dos décimas. Este salto más amplio no parece aleatorio. Activar la atención prolongada, integrar estímulos sensoriales diversos, gestionar emociones durante el proceso o practicar con pausas reflexivas marcaron la distancia. Cada componente trabajado influyó en cómo retuvieron y usaron lo aprendido. Lejos de ser acumulativo, el efecto se construyó paso a paso. La mejora observada refleja entonces qué tan decisiva puede resultar una enseñanza aliada con procesos cerebrales básicos.

No fue casual: cada dimensión del aprendizaje matemático ganó terreno en el grupo experimental. Aumentó la comprensión de conceptos, subió la capacidad para resolver problemas, progresó el razonamiento lógico-matemático también mejoró la transferencia del conocimiento. Lo más notable fue ese salto de 1.38 puntos en comprensión conceptual, por encima incluso del razonamiento y la resolución de problemas, ambos con avances de 1.30. Incluso la transferencia marcó un crecimiento sólido: 1.19 unidades adicionales. Resulta clave este resultado porque entender bien los conceptos abre paso al dominio de destrezas superiores. Así parece indicarlo el dato: las estrategias neurodidácticas no solo ayudaron a aplicar fórmulas, fueron efectivas para arraigar el conocimiento desde dentro.

Un avance claro en razonamiento lógico-matemático junto con una mayor destreza resolviendo problemas muestra cómo las tácticas usadas reforzaron funciones mentales clave del pensamiento matemático. Gracias a ejercicios enfocados en atención plena, sumado al control consciente de la carga mental, tal vez los alumnos pudieron centrarse por más tiempo en actividades numéricas complicadas, lo cual favoreció un análisis más detallado de los datos. Puesto que se aplicaron técnicas multisensoriales, integrando distintos sentidos simultáneamente, se estimularon conexiones cerebrales dispersas, mejorando así cómo se guardan y recuerdan contenidos matemáticos; esto apoyó entender ideas abstractas además de usar ese conocimiento en situaciones diferentes.

No hubo cambios relevantes en el grupo de comparación; esto sugiere que los avances del otro grupo provienen específicamente de la estrategia aplicada, más bien que del desarrollo espontáneo o de haber evaluado varias veces. Así lo respaldan estudios anteriores: cuando se sigue un enfoque neuropsicológico de forma constante y sostenida, los resultados suelen mejorar.

5.2 Influencia que ejercen las estrategias neurodidácticas sobre el desempeño escolar

Un aumento claro se observa en el desempeño matemático del grupo experimental tras la intervención. Pasaron de 6.8 a 8.7 sobre diez, según las evaluaciones antes y después. En cambio, el grupo sin tratamiento avanzó apenas de 6.9 a 7.3. La brecha entre ambos grupos crece notablemente: casi dos puntos para uno, frente a menos de medio punto para otro. Esa distancia sugiere que los métodos con base neuropsicológica influyeron no solo en cómo los alumnos sintieron su progreso, sino también en sus calificaciones reales obtenidas mediante exámenes normalizados.

El aumento en el rendimiento escolar encuentra apoyo en procesos del cerebro poco evidentes. Aunque suene extraño, repartir el estudio en varias jornadas junto con ejercitar la memoria activamente construye vínculos entre neuronas más duraderos, especialmente útil para recordar temas de matemáticas mucho tiempo después. Esto, curiosamente, termina reflejándose en calificaciones superiores cuando llegan los exámenes. Por otro lado, manejar las emociones influye fuertemente: disminuir el miedo hacia los números libera energía mental que normalmente se perdería por una reacción automática del cerebro ante el estrés. Así, áreas como la corteza prefrontal pueden enfocarse sin interrupciones en pensar con lógica o resolver tareas complejas justo cuando más se necesita.

Este estudio encuentra que el aprendizaje en matemáticas se relaciona con el rendimiento escolar, tal como anticipa la neuroeducación. Mejor comprensión conceptual, junto con avances en resolución de problemas y razonamiento lógico-matemático, parece haber influido en los resultados de las pruebas, ya que estas dimensiones crecieron notablemente en quienes recibieron la intervención. Aunque no todas las variables actúan por igual, lo observado coincide con el marco teórico planteado: las estrategias basadas en principios neuropsicológicos afectan el dominio matemático, cuyo desarrollo impacta luego en el logro académico general. Así, cada progreso alimenta al otro sin saltos bruscos ni efectos repentinos.

5.3 Comparación con investigaciones previas

Coinciden los resultados aquí presentados con estudios internacionales ya publicados. Más aún, el efecto observado en el progreso en matemáticas ($d = 0.88$), junto con el avance académico general ($d = 0.82$), resulta mayor frente a cifras anteriores resumidas en revisiones cuantitativas. Tal diferencia podría explicarse por cómo interactuaron entre sí distintas técnicas basadas en neurociencia educativa. No solo se trabajó la atención prolongada, sino también estímulos sensoriales variados, control afectivo, repeticiones espaciadas y ejercicios de evocación activa. Cada componente influyó en funciones mentales clave durante el proceso de aprender matemática. Así operaron en conjunto, potenciándose mutuamente dentro del entorno analizado.

Estudios anteriores muestran cómo el aprendizaje guiado por principios neurológicos fortalece la resolución de problemas matemáticos, especialmente cuando se prioriza el bienestar emocional, se activa más de un sentido durante la clase y se incluye pensamiento sobre el propio pensamiento; este enfoque eleva claramente el desempeño, amplía la memoria operativa y reduce la tensión frente a los números. Aunque cada contexto varía, lo observado aquí refleja patrones similares: aplicar técnicas educativas inspiradas en el funcionamiento cerebral transforma de forma notable tanto el entendimiento como los resultados en asignaturas cuantitativas.

Aunque escasos en América Latina, algunos trabajos ya muestran cómo la neurodidáctica mejora procesos mentales y afectivos al aprender matemáticas. Gracias a hallazgos locales, surge una clara demanda: integrar estos enfoques para profundizar el dominio disciplinar. Este estudio entra donde faltaba información, mostrando datos reales de que, pese a condiciones complejas, métodos inspirados en la neurociencia funcionan bien con jóvenes del nivel medio superior. Resultados concretos respaldan su uso efectivo en clases de matemática. Así queda demostrado.

5.4 Consecuencias en el día a día del profesorado

Este estudio arroja luz sobre cómo mejorar la enseñanza en secundaria desde una perspectiva cercana al aula. Pese a lo complejo del cerebro, ciertas técnicas revelan impacto claro en el aprendizaje matemático. Por ejemplo, mantener la atención durante la clase se vuelve más posible cuando las actividades incluyen estímulos visuales, auditivos o táctiles. Aunque parezca poco convencional, incluso gestionar las emociones mientras se resuelven problemas influye en los resultados. Con frecuencia, repetir contenidos con pausas entre sesiones funciona mejor que repasar todo junto. Lo sorprendente es que recordar sin mirar apuntes fortalece el conocimiento con mayor profundidad. Así, usar datos reales del pensamiento humano ayuda a planificar clases más útiles. Lejos de teorías abstractas, estas ideas nacen del modo en que el cerebro procesa información nueva.

Por otro lado, los datos indican que preparar a los profesores en neuroeducación resulta clave para lograr buenos resultados. Aunque no todos los centros lo hacen igual, quienes participaron en este estudio tuvieron acceso a talleres antes de empezar. Durante la aplicación, además, contaron con apoyo constante, algo que quizás marcó la diferencia. Es posible que sin esa guía continua, los avances hubieran sido menores. Por eso, sería útil integrar formación sostenida dentro de las escuelas. Así, poco a poco, más docentes podrían aprender cómo funciona el cerebro al adquirir conocimientos. Con ese saber, luego pueden ajustar sus métodos según lo que saben sobre el aprendizaje humano.

Tercero, se observa que las estrategias neurodidácticas ayudan a mejorar el aprendizaje y también el desempeño en matemáticas. Por otro lado, ello indica que tales métodos podrían disminuir las diferencias académicas existentes. En este sentido, favorecen un entorno educativo más justo y accesible para todos. Aun así, los profesores podrían integrar estos enfoques al trabajar con grupos diversos dentro del salón de clases. Así mismo, resultan útiles cuando se busca acompañar a quienes tienen mayor dificultad con esta asignatura. Pese a todo, su implementación parece ofrecer respaldo real a estudiantes rezagados.

Al final, el tamaño del efecto observado - $d = 0,88$ en aprendizaje, $d = 0,82$ en desempeño - muestra un impacto con utilidad real, no solo valor estadístico. A pesar de ello, profesores y responsables podrían considerar que destinar esfuerzo a métodos neuroeducativos trae avances claros en logros escolares. Por otro lado, estos datos respaldan decisiones sobre uso de tiempo y materiales en clase. Así las cosas, cada paso hacia este tipo de enfoques puede marcar una diferencia visible. En conjunto, los números sugieren consecuencias tangibles cuando se aplican tales técnicas.

5.5 Limitaciones y fortalezas del estudio

Esta investigación tiene aspectos que conviene tener en cuenta al analizar sus hallazgos. Aunque el diseño cuasi-experimental resultó adecuado para entornos educativos sin posibilidad de asignación aleatoria, su alcance causa cierta dificultad para confirmar vínculos causales como lo haría uno totalmente experimental. Puede ocurrir que factores no medidos hayan influido en los datos obtenidos. Por eso, las conclusiones requieren cuidado ante efectos invisibles.

Otro aspecto importante es el número reducido de participantes - solo 72 - junto con su procedencia única de un centro educativo, lo cual dificulta aplicar estos resultados en entornos distintos. Para comprobar si los datos se mantienen estables, sería útil repetir este trabajo en otras escuelas y con grupos mayores.

Tercero, el programa duró diez semanas; esto sirve para observar cambios inmediatos, sin embargo no aclara si esos resultados perduran. Podría ser útil que estudios posteriores añadan evaluaciones tras un periodo de distancia respecto a la intervención, con el fin de comprobar si los avances académicos continúan presentes más adelante.

Cuarta parte: el trabajo miró solo lo de matemáticas, así que sacar conclusiones para otras materias sería un paso demasiado largo. Vale la pena hacer lo mismo en otros campos, a ver si los resultados se mantienen estables fuera del terreno numérico.

Aunque tiene límites, este trabajo cuenta con aspectos sólidos que refuerzan la solidez de sus hallazgos. Gracias al diseño cuasi-experimental - con grupo control y evaluaciones previas y posteriores - se logra manejar factores como historial externo, cambios naturales o influencias del propio proceso de medida. Antes de comenzar la intervención, ambos grupos eran comparables: pruebas estadísticas descartaron diferencias relevantes en las variables clave. Además, los recursos usados para recoger información demostraron ser consistentes y precisos ($\alpha = 0.85$ en el cuestionario; $KR-20 = 0.83$ en la prueba académica), asegurando así una base confiable para los resultados obtenidos. Gracias a una planificación basada en datos comprobados, la acción educativa se aplicó con precisión, integrando formación para profesores junto con seguimiento continuo. Sorprendentemente, determinar la magnitud del impacto ofrece claridad sobre lo útil que resulta el resultado, no solo si es estadísticamente significativo, ampliando así su valor real en contextos cotidianos.

6. CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones generales

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de un programa de estrategias basadas en neuroeducación sobre el aprendizaje matemático y el rendimiento académico en estudiantes de Primero de Bachillerato. A partir de los resultados obtenidos, se concluye que la implementación de estrategias neurodidácticas — activación de la atención sostenida, uso de estrategias multisensoriales, regulación emocional, práctica distribuida y recuperación activa — tuvo un efecto positivo y estadísticamente significativo tanto en el aprendizaje matemático como en el rendimiento académico en matemáticas de los estudiantes del grupo experimental en comparación con el grupo control que mantuvo metodologías tradicionales.

En relación con la primera hipótesis planteada, que sostenía que la aplicación de estrategias basadas en neuroeducación incrementaría significativamente el aprendizaje matemático en el grupo experimental en comparación



con el grupo control, los resultados confirman dicha hipótesis. El grupo experimental incrementó su aprendizaje matemático en 1.30 puntos (de 2.88 a 4.18 en una escala de 1 a 5), mientras que el grupo control mostró un incremento mínimo de solo 0.23 puntos (de 2.85 a 3.08). La diferencia en las ganancias entre ambos grupos fue estadísticamente significativa ($t = 7.654$; $p < 0.001$), lo que permite afirmar que las estrategias neurodidácticas fueron efectivas para mejorar el aprendizaje matemático de los estudiantes. Todas las dimensiones del aprendizaje —comprensión de conceptos matemáticos, habilidad para resolver problemas, razonamiento lógico-matemático y transferencia del aprendizaje— mostraron incrementos significativos en el grupo experimental, siendo la comprensión de conceptos la dimensión con mayor mejora.

En cuanto a la segunda hipótesis, que planteaba que la aplicación de estrategias basadas en neuroeducación mejoraría significativamente el rendimiento académico en matemáticas en el grupo experimental en comparación con el grupo control, los resultados también la confirman. El grupo experimental incrementó su rendimiento académico en matemáticas en 1.9 puntos (de 6.8 a 8.7 en una escala de 0 a 10), mientras que el grupo control mostró un incremento de solo 0.4 puntos (de 6.9 a 7.3). La diferencia en las ganancias entre ambos grupos fue estadísticamente significativa ($t = 3.876$; $p < 0.001$), lo que evidencia que las estrategias neurodidácticas mejoraron el desempeño medido objetivamente a través de pruebas de rendimiento.

En relación con la tercera hipótesis, que sostenía que el tamaño del efecto de las estrategias basadas en neuroeducación sobre el aprendizaje y el rendimiento matemático sería de magnitud moderada a grande, los resultados la confirman plenamente. El tamaño del efecto para el aprendizaje matemático fue de $d = 0.88$, clasificado como efecto grande según los criterios convencionales, mientras que para el rendimiento académico en matemáticas fue de $d = 0.82$, también clasificado como efecto grande. Estos valores indican que las mejoras observadas no solo son estadísticamente significativas, sino también prácticamente relevantes, superando los umbrales establecidos en la literatura para considerar una intervención como efectiva.

6.2 Aportes educativos de la investigación

La presente investigación realiza contribuciones significativas al campo de la educación matemática en varios niveles. En el plano teórico, el estudio aporta evidencia empírica que respalda los postulados de la neuroeducación y la neurodidáctica en el contexto específico de la enseñanza de las matemáticas en el nivel de bachillerato. El modelo teórico propuesto, que establece relaciones causales entre las estrategias neurodidácticas, el aprendizaje matemático y el rendimiento académico, ha sido validado empíricamente, demostrando que las estrategias basadas en el conocimiento del funcionamiento cerebral —atención, memoria, emociones y plasticidad— son efectivas para potenciar el aprendizaje y el rendimiento en matemáticas.

En el plano metodológico, el estudio ofrece un diseño riguroso de investigación cuasi-experimental con grupo control y mediciones pretest-posttest que puede ser replicado en otras instituciones educativas. Los instrumentos de medición utilizados —cuestionario de estrategias de aprendizaje y motivación y prueba de rendimiento matemático— fueron validados y mostraron niveles adecuados de confiabilidad, constituyendo herramientas disponibles para futuras investigaciones en contextos similares. La intervención educativa diseñada, con sus 20 sesiones estructuradas, recursos utilizados y estrategias implementadas, puede ser adaptada y aplicada por otros docentes e investigadores interesados en promover estrategias neurodidácticas en el aula de matemáticas.

En el plano práctico, los hallazgos de esta investigación tienen implicaciones directas para la práctica docente en el nivel de bachillerato. La evidencia generada respalda la incorporación sistemática de estrategias basadas en neuroeducación en el aula de matemáticas como una herramienta efectiva para mejorar el aprendizaje y el rendimiento académico de los estudiantes. Especialmente relevante es el hallazgo de que estas estrategias impactan positivamente en dimensiones fundamentales como la comprensión conceptual y el razonamiento lógico-matemático, lo que sugiere que su implementación puede contribuir a un aprendizaje más profundo y significativo de las matemáticas.

Adicionalmente, la investigación contribuye a llenar el vacío de conocimiento existente en el contexto educativo sobre la efectividad de las estrategias neurodidácticas en matemáticas. A diferencia de estudios previos que se limitaban a propuestas teóricas o a intervenciones en niveles educativos iniciales, la presente investigación proporciona evidencia empírica sólida en estudiantes adolescentes de bachillerato, un nivel educativo donde las exigencias cognitivas se incrementan significativamente y donde la desmotivación y la ansiedad matemática constituyen barreras importantes para el aprendizaje.

6.3 Limitaciones del estudio



La presente investigación presenta limitaciones que deben ser consideradas al interpretar sus resultados y al plantear futuras investigaciones. La principal limitación metodológica es el diseño cuasi-experimental, que si bien es apropiado para contextos educativos donde la asignación aleatoria no es posible, no permite establecer relaciones causales con el mismo nivel de certeza que un diseño experimental puro. A pesar de que se verificó la equivalencia inicial de los grupos y se controlaron amenazas a la validez interna, no se puede descartar completamente la influencia de variables no controladas.

En cuanto a la muestra, el estudio se limitó a 72 estudiantes de una sola institución educativa, lo que restringe la generalización de los resultados a otros contextos educativos. La muestra fue seleccionada por conveniencia, no de manera probabilística, y se circunscribió a estudiantes de Primero de Bachillerato, por lo que los hallazgos no pueden extenderse automáticamente a otros niveles educativos ni a otras instituciones con características diferentes.

En relación con el alcance temporal, la intervención tuvo una duración de 10 semanas, lo que permite evaluar efectos a corto plazo pero no proporciona información sobre la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo. No se realizaron mediciones de seguimiento (postest diferido) que permitieran determinar si los incrementos en aprendizaje y rendimiento se mantienen una vez finalizada la intervención, lo que constituye una limitación relevante para evaluar el impacto a largo plazo de las estrategias neurodidácticas.

En cuanto al área curricular, la investigación se centró exclusivamente en matemáticas, por lo que los resultados no pueden extenderse automáticamente a otras disciplinas. Cada área curricular tiene características particulares que podrían influir en la efectividad de las estrategias neurodidácticas. Finalmente, los instrumentos de medición, aunque validados, se basan en autorreporte para el aprendizaje matemático y en pruebas objetivas para el rendimiento, lo que no permite capturar dimensiones más cualitativas del aprendizaje como el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, creatividad o trabajo en equipo.

6.4 Líneas futuras de investigación

A partir de los hallazgos y limitaciones del presente estudio, se sugieren diversas líneas de investigación futura que permitirían profundizar y ampliar el conocimiento sobre la efectividad de las estrategias basadas en neuroeducación en el contexto educativo. En primer lugar, se recomienda realizar estudios con diseños experimentales o cuasi-experimentales que incluyan mediciones de seguimiento a mediano y largo plazo (por ejemplo, a los seis meses y un año de finalizada la intervención) para evaluar la sostenibilidad de los efectos observados en aprendizaje y rendimiento matemático. Este tipo de estudios permitiría determinar si las mejoras se mantienen en el tiempo o si se requiere de intervenciones de refuerzo periódicas.

En segundo lugar, se sugiere replicar el estudio en otras instituciones educativas, con muestras más amplias y diversas, que incluyan diferentes niveles socioeconómicos y contextos geográficos. Esto permitiría determinar la consistencia de los hallazgos en diferentes contextos y establecer si existen variables moderadoras que influyan en la efectividad de las estrategias neurodidácticas, como el nivel socioeconómico, el tipo de institución o la formación docente.

En tercer lugar, se recomienda extender la investigación a otras áreas curriculares como Lengua y Literatura, Ciencias Naturales o Estudios Sociales, para determinar si los efectos de las estrategias neurodidácticas son consistentes en diferentes dominios del conocimiento o si existen diferencias significativas entre disciplinas. Cada área curricular tiene características particulares que podrían influir en la implementación y efectividad de las estrategias neurodidácticas.

En cuarto lugar, sería valioso realizar investigaciones que combinen metodologías cuantitativas y cualitativas (diseños mixtos) para explorar las percepciones, experiencias y significados que los estudiantes y docentes atribuyen a la implementación de estrategias neurodidácticas. Estudios cualitativos podrían proporcionar una comprensión más profunda de los mecanismos a través de los cuales estas estrategias influyen en el aprendizaje y el rendimiento, así como identificar barreras y facilitadores para su implementación desde la perspectiva de los actores educativos.

En quinto lugar, se sugiere investigar el efecto de diferentes combinaciones y duraciones de estrategias neurodidácticas para identificar las condiciones óptimas de implementación. Por ejemplo, comparar intervenciones de diferente duración, o evaluar si la combinación de estrategias específicas produce efectos sinérgicos superiores a la implementación de estrategias individuales.

Finalmente, se recomienda investigar el efecto de las estrategias neurodidácticas en la reducción de la ansiedad matemática y el desarrollo de la autoeficacia matemática, variables que han mostrado ser mediadoras importantes en la relación entre estrategias de enseñanza y rendimiento académico. Estudios que incorporen estas variables como mediadoras o moderadoras permitirían comprender mejor los mecanismos a través de los cuales las estrategias neurodidácticas influyen en el aprendizaje y el rendimiento matemático.

7. IMPLICACIONES PRÁCTICAS

7.1 Incorporación de estrategias neurodidácticas en el aula de matemáticas

Los hallazgos de la presente investigación respaldan firmemente la incorporación sistemática de estrategias basadas en neuroeducación en el aula de matemáticas como una estrategia efectiva para mejorar el aprendizaje y el rendimiento académico de los estudiantes. Con base en los resultados obtenidos, se recomienda a los docentes del nivel de bachillerato considerar la implementación gradual de estrategias neurodidácticas en sus prácticas pedagógicas diarias. La evidencia generada demuestra que estas estrategias no solo mejoran los resultados académicos, sino que también transforman la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, haciéndola más significativa, participativa y alineada con el funcionamiento natural del cerebro.

Para una incorporación efectiva, se sugiere comenzar con la implementación de ejercicios de activación atencional al inicio de cada sesión, como prácticas breves de atención plena (mindfulness) de 3 a 5 minutos, que preparen el cerebro para el aprendizaje al reducir la ansiedad y mejorar la concentración. Estas prácticas, respaldadas por la evidencia neurocientífica, ayudan a los estudiantes a regular sus emociones y a enfocar su atención en la tarea matemática que van a desarrollar. Asimismo, se recomienda integrar estrategias multisensoriales que involucren recursos visuales, auditivos y kinestésicos, como el uso de materiales manipulativos (regletas, geoplanos, tangram, bloques), representaciones gráficas y actividades prácticas que permitan a los estudiantes experimentar los conceptos matemáticos de manera tangible antes de avanzar hacia representaciones más abstractas.

La regulación emocional debe ser un componente central de la práctica docente, creando un clima de aula seguro donde el error sea normalizado como una oportunidad de aprendizaje y no como un motivo de sanción o vergüenza. Los docentes deben proporcionar retroalimentación centrada en el proceso —el esfuerzo realizado, las estrategias intentadas, la perseverancia demostrada— más que en el resultado final correcto, promoviendo una mentalidad de crecimiento que reduzca la ansiedad matemática y fortalezca la autoeficacia de los estudiantes. La práctica distribuida, organizando sesiones espaciadas en el tiempo, y la recuperación activa, mediante preguntas frecuentes y ejercicios de recuperación al inicio de cada sesión, son estrategias que aprovechan los mecanismos de consolidación de la memoria a largo plazo y han demostrado ser superiores al estudio masivo para el aprendizaje duradero.

7.2 Formación docente en neuroeducación

La implementación exitosa de estrategias neurodidácticas depende en gran medida de la preparación y competencias del docente para comprender los fundamentos neurocientíficos del aprendizaje y diseñar estrategias basadas en estos principios. Los resultados de la presente investigación evidencian que la capacitación previa y el acompañamiento durante la intervención fueron factores clave para el éxito de la experiencia, por lo que se recomienda a las instituciones educativas implementar programas sistemáticos de formación docente en neuroeducación.

Se sugiere diseñar programas de desarrollo profesional continuo que aborden tanto los fundamentos teóricos de la neuroeducación como sus aplicaciones prácticas en el aula de matemáticas. Estos programas deben incluir talleres vivenciales donde los docentes experimenten en primera persona las estrategias neurodidácticas que luego implementarán con sus estudiantes, de manera que comprendan desde su propia experiencia los beneficios y desafíos de estas metodologías. Es fundamental que la formación no se limite a sesiones teóricas puntuales, sino que incluya espacios de acompañamiento y asesoría durante la implementación en el aula, donde los docentes puedan recibir retroalimentación y resolver dudas a medida que enfrentan los desafíos de la práctica.

La formación docente debe abordar competencias específicas como el diseño de actividades que activen la atención sostenida, la integración de estrategias multisensoriales, la creación de climas de aula emocionalmente seguros, la implementación de práctica distribuida y recuperación activa, y la evaluación del aprendizaje considerando los principios neurodidácticos. También es importante desarrollar en los docentes habilidades para la observación y el acompañamiento de los estudiantes, así como para la identificación temprana de dificultades de aprendizaje que puedan tener bases neurocognitivas. Se recomienda establecer comunidades de aprendizaje entre docentes que permitan el intercambio de experiencias, la colaboración en el diseño de actividades y la retroalimentación entre pares, lo que contribuye a fortalecer las competencias pedagógicas y a sostener los cambios en el tiempo.

7.3 Recomendaciones para instituciones educativas

A nivel institucional, la presente investigación ofrece recomendaciones para que las autoridades educativas promuevan condiciones favorables para la implementación de estrategias neurodidácticas en el aula de matemáticas. En primer lugar, se recomienda que las instituciones adopten políticas educativas que valoren y fomenten la innovación pedagógica basada en evidencia científica, reconociendo el esfuerzo de los docentes que implementan estas estrategias y proporcionando los recursos necesarios para su desarrollo. Esto incluye la asignación de presupuesto para materiales didácticos manipulativos, recursos tecnológicos y espacios adecuados para el aprendizaje activo y multisensorial.

En segundo lugar, las instituciones deben considerar la flexibilización de los horarios y estructuras curriculares para facilitar la implementación de estrategias que requieren tiempos de atención y práctica distribuida. Se sugiere la incorporación de momentos específicos para la activación atencional y la regulación emocional al inicio de las sesiones, así como la organización de las sesiones de manera que permitan la práctica distribuida y la recuperación activa. La evaluación también debe ser repensada, incorporando instrumentos que permitan evaluar no solo el producto final, sino también el proceso de aprendizaje, el desarrollo de habilidades de razonamiento y la capacidad de transferencia.

En tercer lugar, se recomienda a las instituciones educativas establecer alianzas con universidades, centros de investigación y organizaciones especializadas en neuroeducación que puedan aportar recursos, conocimientos y experiencias para enriquecer la implementación de estrategias neurodidácticas. La colaboración con instituciones de educación superior puede facilitar el acceso a investigación actualizada, asesoría especializada y programas de formación docente, así como la participación de estudiantes universitarios en prácticas profesionales que apoyen los procesos educativos en el aula.

En cuarto lugar, se recomienda difundir los resultados de esta investigación entre la comunidad educativa, de manera que los hallazgos puedan ser conocidos, discutidos y utilizados para orientar la toma de decisiones pedagógicas basadas en evidencia. La socialización de buenas prácticas y experiencias exitosas en la implementación de estrategias neurodidácticas puede inspirar a otros docentes e instituciones a incorporar estas metodologías en sus prácticas pedagógicas.

Finalmente, se recomienda a las autoridades educativas considerar la presente investigación como evidencia para orientar políticas educativas que promuevan la incorporación de la neuroeducación en los currículos de formación docente y en los planes de mejora institucional. La magnitud del efecto encontrado ($d = 0.88$ para aprendizaje y $d = 0.82$ para rendimiento) demuestra que la inversión en estrategias neurodidácticas genera retornos significativos en términos de resultados educativos, por lo que se sugiere priorizar estas estrategias en los programas de apoyo a la docencia y en las políticas de innovación pedagógica.

8. Referencias Bibliograficas

- [1] O. V. Alcívar-Cedeño, J. C. Garcés-Zambrano, and V. R. Jama-Zambrano, "La Neurodidáctica en el aprendizaje de la Matemática," *Innovascience Journal*, vol. 3, no. 4, 2025. DOI: 10.63618/omd/isj/v3/n4/127
- [2] D. I. Chéquer Bajaña, "Neuroeducación aplicada a las matemáticas en educación secundaria: una revisión sistemática," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 8, no. 5, pp. 12016-12029, 2024. DOI: 10.37811/cl_rcm.v8i5.14627
- [3] Tekman Education, "5 claves matemáticas a tener en cuenta desde la neuroeducación," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tekmaneducation.com/claves-matematicas-perspectiva-neuroeducativa/>
- [4] E. Rivera-Rivera, "El neuroaprendizaje en la enseñanza de las matemáticas: la nueva propuesta educativa," *Entorno*, no. 67, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/366/3661549014/html/>
- [5] M. de L. Delgado Mero and K. R. Ponce Ocaña, "La neuroeducación y la enseñanza de matemática en el subnivel elemental de la Educación Básica del Ecuador," *Revista Invecom*, vol. 3, no. 2, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.8307099



- [6] J. S. Erazo Buenaño, K. G. Villacís Salazar, and I. Y. Linares Terán, "Neuroeducación – Cómo la neurociencia mejora el aprendizaje," 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.cienciaydescubrimiento.com/editorial/producto/neuroeducacion/>
- [7] CogniFit, "Plasticidad Cerebral y Neuronal, Neurogénesis," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cognifit.com/uy/plasticidad-cerebral>
- [8] IE Educación, "La plasticidad cerebral y su importancia en el aprendizaje," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ieeducacion.com/plasticidad-cerebral/>
- [9] K. S. L. "The Development of Mathematical Thinking in Adolescence: A Neurocognitive Perspective," Journal of Educational Neuroscience, vol. 8, no. 2, pp. 112-128, 2023. DOI: 10.1080/17405629.2023.2186789
- [10] D. Miller-Cotto et al., "Does working memory moderate the effect of fading on math performance?" British Journal of Educational Psychology, vol. 96, no. 1, 2026. DOI: 10.1111/bjep.70000
- [11] M. Sahidun, "Optimizing Mathematical Problem-Solving Skills through Brain-Based Learning: A Neuro-Pedagogical Perspective," Journal of Multidisciplinary Sustainability Asean, vol. 3, no. 1, pp. 53-66, 2026. DOI: 10.70177/ijmsa.v3i1.3413
- [12] "The Effect of Brain-Compatible Electronic Learning Environment Design Pattern on the Components of Executive Functions," Journal of Curriculum Research, vol. 14, no. 2, pp. 1-20, 2024.
- [13] K. R. Koedinger and I. Roll, "Learning to Think: Cognitive Mechanisms of Transfer," in The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning, K. J. Holyoak and R. G. Morrison, Eds. Oxford University Press, 2012.
- [14] R. Steinmayr, A. Meißner, A. F. Weidinger, and L. Wirthwein, "Academic Achievement," in Oxford Bibliographies in Education, Oxford University Press, 2014. DOI: 10.1093/obo/9780199756810-0108
- [15] "Academic Performance," in ScienceDirect Topics, Elsevier. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/academic-performance>
- [16] D. Miller-Cotto et al., "Does working memory moderate the effect of fading on math performance?" British Journal of Educational Psychology, vol. 96, no. 1, 2026. DOI: 10.1111/bjep.70000
- [17] J. Schmitz Waldrop, G. Lewis, and A. Tawse, "Grit and Self-Identity: A Contextual Inquiry Into Academic Performance," Journal of College Student Retention: Research, Theory & Practice, SAGE Publications, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/4kJkOdW7/>
- [18] "Situational Motivation in Academic Learning: A Systematic Review," Educational Psychology Review, vol. 37, article 56, 2025. DOI: 10.1007/s10648-025-10036-0
- [19] "The impact of socio-emotional learning on math achievement: A meta-analysis," Journal of Educational Psychology, vol. 116, no. 3, pp. 412-428, 2024. DOI: 10.1037/edu0000892